



**Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL
E USO DO SOLO NA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO:
2006 - 2014**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como Requisito Parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

Orientador: José Roberto Rodrigues Pinto
Coorientador: Eraldo A. T. Matricardi
Aluno: João Vitor de Almeida de Souza

Brasília,
Julho de 2015



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal


**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL
E USO DO SOLO NA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO:
2006 - 2014**

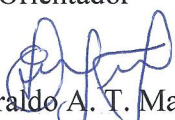
Estudante: João Vitor de Almeida de Souza


Matrícula: 10/0107672

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Menção: SS


Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador


Prof. Dr. Eraldo A. T. Matricardi
Universidade de Brasília - UnB
Membro da Banca


Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Dezembro/2015

AGRADECIMENTOS

O esforço desse trabalho é fruto da cooperação de muitos envolvidos, os quais devo bastante, tanto na vida acadêmica, quanto na parte pessoal. O resultado não encontra-se somente nessas folhas, mas, também, na minha construção como pessoa e profissional.

Diante disso, agradeço ao Pai por me permitir chegar até aqui com saúde e força para completar todas as tarefas necessárias.

A toda a minha família que, depositou grandes esperanças na pessoa que adentrou na universidade no ano de 2010, os quais sempre fizeram tudo que podiam para me ajudar no meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus orientadores José Roberto e Eraldo, por toda a paciência, calma e disposição sempre que precisei. Por todo o conhecimento e auxílio dado ao longo dos anos e no momento de elaboração desse trabalho. A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, pela ajuda e conhecimento.

Aos inúmeros colegas que compartilharam desses momentos dentro da universidade, porém, em especial aos que estiverem sempre presentes e puderam se tornar, não só colegas de classe e futuramente de profissão, mas amigos leais para a vida. Em especial ao Ivo, Diego e Pedro, a Giovana, Victória, Rayane, Rafaella e Milena.

Aos meus amigos que, sempre estiveram presentes nos meus momentos de alegria e tristeza. Os quais puderam aliviar a tensão das provas e trabalhos ao longo desses anos. Em especial ao Vitor, Lucas, Pedro, Enilson, Mariana, Rodnes, Flávio, Kleber, Klelson, Ana Beatriz, Lucas Ribeiro e tantos outros.

A minha namorada, Natasha, que sempre me apoiou e incentivou nos momentos de dúvida e dificuldade. Com muito amor pode me ajudar a viver de forma mais tranquila e feliz ao longo desses anos.

Todos que não foram listados mas que, de alguma forma, contribuíram para o sucesso desse trabalho, direta ou indiretamente.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	OCUPAÇÃO DO CERRADO	4
3.2	HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL	5
3.3	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO DF	6
3.4	APA GAMA E CABEÇA DE VEADO	7
3.5	ATIVIDADES ANTRÓPICAS ATUANTES NA APA.....	8
3.6	OUTROS MONITORAMENTOS DO USO E OCUPAÇÃO	9
3.7	SENSORIAMENTO REMOTO	10
3.8	SISTEMA LANDSAT.....	11
3.9	SATÉLITE RAPID EYE	12
3.10	CLASSIFICAÇÕES DE IMAGENS.....	13
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
4.1.1	<i>Vegetação.....</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Hidrografia</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Solos.....</i>	<i>15</i>
4.2	BASE DE DADOS	15
4.3	CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS	16
4.4	AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA.....	17
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6	CONCLUSÃO	26
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
Índice de figuras		
FIGURA 1:	FLUXOGRAMA METODOLÓGICO.....	18
FIGURA 2:	DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES E USO DO SOLO DA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2006.....	19
FIGURA 3:	MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2006.	20
FIGURA 4:	DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES E USO DO SOLO DA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2010.....	21
FIGURA 5:	MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2010.	21

FIGURA 6: DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES DE USO DO SOLO DA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2014..... 22

FIGURA 7: MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2014. 23

FIGURA 8: DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES DE USO DO SOLO DA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA O ANO DE 2003..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

Índice de tabelas

TABELA 1: INTERVALOS ESPECTRAIS E APLICAÇÕES DO SATÉLITE LANDSAT-5. 12

TABELA 2: BANDAS ESPECTRAIS DO SATÉLITE *RAPID EYE*..... 13

TABELA 3: QUALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO INTERVALOS DO ÍNDICE KAPPA. 17

TABELA 4: ÁREA OCUPADA POR CLASSE EM TERMOS ABSOLUTOS E RELATIVOS DA APA GAMA E CABEÇA DE VEADO PARA OS ANOS DE 2006, 2010 E 2014. 19

RESUMO

A Área de Preservação Permanente Gama e Cabeça de Veado está localizada na Bacia do Paranoá que ocupa aproximadamente 3.634 km² do território do Distrito Federal. A APA está situada na porção Centro-Sul do Distrito Federal e, ocupa uma área de aproximadamente 23.650 hectares. O objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica da ocupação da APA Gama e Cabeça de Veado desde 2006 até 2014, utilizando imagens de satélite Landsat. Utilizou-se o método de classificação automática supervisionada e testou-se a sua acurácia. Os resultados apontaram que não houveram mudanças significativas ao longo dos anos, pois estão inseridas na APA unidades de conservação que promovem pesquisas e a preservação dos recursos naturais. Porém houve redução da classe Mata do ano de 2006 para 2010. Recomenda-se estudos para a zona de amortecimento da APA, a fim de prever possíveis efeitos negativos, como o parcelamento irregular do solo, queimadas irregulares e direcionamento de rejeitos das residências podem interferir na integridade da área protegida.

PALAVRAS-CHAVE: APA, classificação supervisionada, Distrito Federal.

ABSTRACT

The Permanent Preservation Area Gama and Cabeça de Veado is located on the watershed of Paranoá and occupies approximately 3.634 km² of the territory of the Distrito Federal. The Preservation Area is situated in the south central of Distrito Federal and takes an area of, about 23.650 hectares. The objective of this study is to evaluate the occupation dynamic of the Permanent Preservation Area Gama and Cabeça de Veado from 2006 to 2014, using Landsat [satellite] images. The methodology used was the supervised automatic classification and it's accuracy was tested. The results pointed that there were no significant changes over the years, most of this results are given to the fact that the studied area is based on a Permanent Preservation Area that promotes research and natural resources preservation but, even so, there was a reduction in the class of Mata from 2006 to 2010. Studies are recommended to the buffer zone of the APA in order to anticipate possible negative effects, such as irregular installment of soil, uneven burning and targeting of residential waste can interfere in integrity of the protected area.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado abrange cerca de 200 milhões de hectares compreendendo larga variedade de fisionomias savânicas que dominam a paisagem do Brasil Central (UNESCO, 2002). O Cerrado leva o título de berço das águas por apresentar em seu território, as nascentes das bacias do Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná, essas que são três bacias hidrográficas brasileiras de extrema importância ecológica e social (MACHADO, 2003). Este bioma também é considerado como *hotspot* mundial, apresenta elevada biodiversidade e endemismo, além de alto grau de ameaça à sua preservação (MYERS, 2000). Dados atualizados do Ministério do Meio Ambiente apontam que a vegetação nativa remanescente do Cerrado encontra-se em 50,84% (MMA, 2010).

Em 1993, a UNESCO reconheceu no Distrito Federal, a primeira Reserva da Biosfera do Cerrado (FELIZOLA, 2001), com o objetivo de conciliar a conservação juntamente com a utilização econômica dos recursos naturais. Esta Reserva engloba em sua área nuclear 50.500 hectares protegidos, sendo constituída pelo Parque Nacional de Brasília, a Estação Ecológica de Águas Emendadas e a Zona de Vida Silvestre da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado (UNESCO, 2002). Porém, a ocupação no entorno dessas áreas, que serviriam como zonas tampão e corredores ecológicos, exercem grande pressão no que diz respeito à proteção dos ambientes naturais. Todas estão circundadas por uma extensa malha viária e urbana, influenciando com o seu constante crescimento, nos impactos negativos sobre essas áreas (GANEM, 2007).

Uma Área de Preservação Ambiental, definida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/00) como uma unidade de conservação de uso sustentável, dispõe em seu art. 15º que, “é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”. No DF existem seis APAs (SANTOS, 2008), dentre elas, a APA Gama e Cabeça de Veado, que possui a finalidade de proteger os cursos d’água que integram a bacia do Paranoá e garantir a integridade dos ecossistemas terrestres e aquáticos (UNESCO, 2003). No entanto, sabe-se da pressão que a APA sofre por conta do descumprimento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT/DF, principalmente pela ocupação antrópica irregular.

Os avanços da agricultura e pecuária, juntamente com a ocupação irregular do solo, são situações que transformam o ambiente de forma acelerada, logo, alternativas que facilitem o monitoramento e auxiliem na fiscalização são necessárias. A identificação de novas áreas ambientalmente antropizadas e que estejam protegidas por lei, poderá permitir a preservação e conservação do bioma. No entanto, essas leis, em muitos casos, não são cumpridas por falta de fiscalização, em virtude, geralmente, pela dificuldade de constatação *in loco* (SILVA, 2005).

Por ser atividade onerosa e que demanda tempo, o monitoramento em campo torna-se difícil pela vasta área e pessoal insuficiente, além da velocidade de transformação do ambiente ser elevada. Neste caso, a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG, a partir de imagens de satélite tem sido importante ferramenta para ajudar no estudo da vegetação, bem como o seu monitoramento, dinâmica e detecção de mudanças tanto naturais como antrópicas (HOLANDA *et al.*, 2010). Assim, a disponibilidade de novas tecnologias de SIG torna viável a utilização de imagens de alta resolução, tornando a distinção dos objetos e suas características mais evidentes (MING *et al.* 2009). Dessa forma, com técnicas desse tipo sendo cada vez mais implementadas, as informações extraídas da superfície terrestre, como a cobertura e o uso do solo, são mais fiéis e retratam de forma mais real as condições do terreno (CAMPOS, 2013) e com menor custo do que o monitoramento *in loco*.

O presente trabalho visa avaliar a dinâmica de ocupação do solo na APA Gama e Cabeça de Veado, tomando como base o ano de 2006. As informações oriundas deste estudo poderão servir de base para projetos de ordenamento da ocupação do solo na APA de forma sustentável, bem como identificar áreas potencialmente degradadas e que necessitam de ações de restauração.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

Avaliar a dinâmica da ocupação do terreno da APA Gama e Cabeça de veado desde 2006 até 2014. Para tanto serão utilizadas imagens de satélite da região e aplicada e testada uma técnica de classificação automática para o uso do solo em diferentes anos (2006, 2010 e 2014).

2.2 *Objetivos específicos*

- Testar o método de classificação supervisionado e validar a classificação através de imagem de alta resolução;
- Atualizar os dados sobre a ocupação e uso do solo na APA Gama e Cabeça de Veado, DF;
- Identificar áreas potencialmente degradadas na APA Gama e Cabeça de Veado, DF.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Ocupação do Cerrado*

Grande parte dos problemas que diz respeito à conservação do Cerrado está relacionado com o avanço da agricultura e suas novas tecnologias. As barreiras ultrapassadas nas últimas décadas no âmbito da modernização do campo, rompeu a fronteira que existia outrora sobre o Cerrado. A chamada Revolução Verde trouxe ao proprietário de terra, juntamente com o uso de máquinas, agrotóxicos, fertilizantes, equipamentos, sementes melhoradas, a possibilidade de produção em larga escala (AGUIAR, 2005).

Anteriormente esquecido, o Cerrado tornou-se alternativa para a produção agrícola brasileira frente ao esgotamento das terras férteis no Sul e Sudeste no país em meados nos anos de 1970. De modo que, com as novas possibilidades alcançadas, a ocupação dessas terras chamadas “improdutivas” intensificou-se com o passar dos anos. Nesse cenário de desenvolvimento industrial no Brasil, a criação da EMBRAPA e da SNPA (Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária) foram marcos no que diz respeito a criação de novas tecnologias (SANTANA, 2013). Outro fator que determinou a ocupação do Cerrado foi a oferta de terra à preços baixos e o incentivo fiscal do governo para o reflorestamento da área com Pinus e Eucalipto (MOURA, 1997).

A introdução da agricultura por meio do cultivo de grãos tornou-se intensiva graças ao relevo plano, permitindo a mecanização, transformando drasticamente o ambiente, retirando grande parte da cobertura vegetal. Dessa forma, a relação de aumento da produtividade do Cerrado nos últimos 30 anos ao mesmo tempo que, as suas reservas naturais se exauriam torna-se verdadeira (LIMA, 1996).

A região central do país tornou-se participativa no cenário agrícola de maneira significativa com a mudança da capital do Brasil e a construção de Brasília. Dessa forma, com a capital localizada no

Centro-Oeste, fez-se necessário uma expansão da malha viária, ligando os demais estados ao centro do poder nacional. A abertura de novas estradas e rodovias propiciou o desenvolvimento urbano e agrícola nas áreas próximas (SILVA, 2000).

A criação dos centros urbanos foi possível graças a infraestrutura deslocada para a região, com a melhoria das estradas e rodovias, construção de ferrovias, bem como as atividades agrícolas e mineradoras que atraíram as pessoas. Segundo Moysés (2008), o investimento maciço no setor público, principalmente nas esferas federal e estadual, produziu estímulos à formação de uma rede urbana dispersa, porém, densa em alguns pontos específicos como Brasília, Goiânia, Campo Grande e Cuiabá.

Dentre os programas em que o governo investiu, afim de promover a ocupação do Cerrado, destacam-se o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER. O POLOCENTRO tinha como objetivo ordenar a ocupação nas áreas centrais do Brasil, abrangendo os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e algumas regiões de Minas Gerais (FERREIRA, 1985). Os recursos destinados ao programa ajudaram no desenvolvimento da infraestrutura e tecnologias, obtendo bons resultados e incentivando a criação de novos programas de ocupação. O PRODECER foi resultado da cooperação dos governos brasileiro e japonês, onde inúmeras terras foram incorporadas ao programa, cerca de 70.000 hectares, difundindo um modelo de intensiva produção (SILVA, 2000).

3.2 Histórico de ocupação do Distrito Federal

Durante o governo do presidente Juscelino Kubitschek (1956-1961), a construção do Brasília iniciou-se e, desde então, vem fugindo do plano original que marcava a ocupação da cidade. A cidade foi planejada para abrigar 500 mil habitantes, porém, segundo o IBGE (2014), o DF já possui população estimada em 2.852.373 milhões de habitantes. Dado esse fato, o acelerado crescimento da cidade acarreta em impactos não só a população quanto ao ambiente natural que a circunda.

Segundo determinava a Constituição de 1946, a nova capital seria transferida do Rio de Janeiro para o Centro-Oeste, localizada na mesma área definida pela Missão Cruls (1892), tendo sua extensão expandida para 77.000 km² (Brasil, 1960). Apenas dez anos depois, o então presidente, determinou o início da construção de Brasília. Com a sua inauguração, cidades já existiam como Taguatinga, Brazlândia e Planaltina, as quais abrigavam os pioneiros da construção.

Além das cidades que estavam presentes no plano original, outras foram surgindo em função das necessidades de abrigar os funcionários públicos e a população que migrava para o Distrito Federal como Núcleo Bandeirante, Sobradinho, Gama e Guará. As invasões tornaram-se problema a partir da década de 1970 e cidades como Ceilândia surgiram para realocar as pessoas que ocupavam áreas irregulares (MORELI, 2002).

Dessa forma, com o passar dos anos, Brasília foi expandindo sua área na forma das cidades-satélites e aumentando o impacto ambiental proveniente da abertura de novas áreas, atestando o acelerado crescimento para além das previsões. No ano de 1976, Brasília estava com 50% das áreas da Asa Sul e Norte, e 90% do Setor de Mansões Park Way ocupados (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

A partir dos anos de 1990, a especulação imobiliária cresceu e o DF se desdobrou em mais áreas, criando novas cidades e núcleos urbanos (GUIMARÃES *et al.*, 2013). A partir dos anos 2000, a região já se encontrava largamente modificada dos planos originais e o passivo ambiental era grande.

Uma série de fatores contribuiu para que o crescimento desordenado fosse acentuado ao longo dos anos, como por exemplo, a criação de condomínios irregulares, loteamentos irregulares e parcelamentos indevidos de terra (MENDONÇA, 2009). Atividades como essas têm impactado diretamente na vegetação nativa e nos recursos ambientais presentes no Distrito Federal e, conseqüentemente, no Bioma Cerrado.

Segundo estudo da UNESCO (2002), o DF perdeu, após 44 anos de sua criação, 57,65% da sua cobertura vegetal original, grande parte disso diz respeito as áreas de cerrado.

3.3 Áreas de Preservação Ambiental no DF

A criação das APAs no Distrito Federal, a partir do Decreto nº 6.902/81, se deu logo em 1983 como uma ferramenta para o ordenamento territorial da região. Naquele momento havia a preocupação com os impactos futuros que o crescimento populacional poderia gerar, principalmente sobre o abastecimento de água e o tratamento do esgoto.

Diante disso, ficou evidente a necessidade de se controlar o acesso e uso das regiões das Bacias Hidrográficas do DF de tal forma que, o abastecimento fosse garantido (SANTOS, 2008). A Barragem de Santa Maria, localizada no interior do Parque Nacional de Brasília, por ser uma unidade de

conservação de proteção integral, apresenta facilidades no que diz respeito à proteção dos recursos, pois não permite ocupação humana. Porém, seria inviável gerir todas as microbacias e garantir um manejo sustentável do solo seguindo o modelo de proteção integral, sem que houvesse desapropriações em praticamente todo o Distrito Federal.

A solução para o impasse se deu com a adoção do modelo de gestão das Áreas de Proteção Ambiental, sem que houvesse desapropriação de terras, mas garantisse a preservação e conservação através de limitações de direito administrativo à propriedade e à livre iniciativa econômica (SANTOS, 2008).

Contudo, a falta de planejamento do Poder Público acarretou em um monitoramento e fiscalização ineficiente, tornando o instrumento inicialmente inócuo. A falta de informação da comunidade, a falta de competência dos órgãos ambientais e até o momento político do país, em transição da ditadura militar para o regime democrático, são hipóteses das causas dessa situação (SANTOS, 2008).

Em 1983, através do mesmo Decreto Federal nº 88.940, foram criadas as APAs da Bacia do Lago Descoberto e a da Bacia do Rio São Bartolomeu, com o intuito de controlar o manejo do solo no entorno das barragens que iriam abastecer a região do DF. Em seguida, no ano de 1986, foi criada a APA das Bacias Gama e Cabeça de Veado para proteger o ribeirão do Gama. Através do Decreto nº 11.123, em 1988, foi criada a APA da Bacia do Rio Cafuringa, mantenedora de remanescentes do cerrado *sensu stricto*. No ano de 1989, criada pelo Decreto nº 12.055, a APA do Lago Paranoá está sobre uma das áreas urbanas do Distrito Federal. Englobando quase que a totalidade das outras APAs, foi criada em 2002, a APA do Planalto Central, com a intenção de controlar os parcelamentos irregulares de terra (SANTOS, 2008).

3.4 APA Gama e Cabeça de Veado

A APA Gama e Cabeça de Veado foi criada através do Decreto nº 9.417, em 1986 e regulamentada pelo Decreto nº 23.238 no ano de 2002, com o objetivo de proteger os recursos hídricos das Bacias do Gama e Cabeça de Veado (UNESCO, 2003). De acordo com Felfili *et al* (2002), apresenta um território de 25 mil hectares, grandes variações ambientais e abrigando quase todas as fisionomias vegetais do bioma Cerrado.

É considerada uma APA singular por possuir ocupação urbana e rural e diversas instituições federais e distritais dentro de sua área. A sua criação se deve a algumas características que são importantes, que dizem respeito à proteção ambiental. Dentro da APA há a existência de trechos considerados significativos e intactos de amostras de ecossistemas do Cerrado (Campo Sujo, Campo Limpo, Cerrado Típico, Campo Rupestre, Veredas, Campos de Murundus, Mata Mesofítica e Cerradão) (UNESCO, 2003). Segundo Câmara & Costa (2005), todos os tipos fisionômicos do Cerrado fazem parte da Área de Preservação Ambiental Gama e Cabeça de Veado. A presença de uma fauna e flora rica, com diversas espécies raras, endêmicas ou ameaças de extinção na região é outro ponto de relevância para o seu surgimento. Talvez um dos fatores mais importantes que foram levados em consideração é a presença de importantes fontes de captação de água para o abastecimento da população.

A APA apresenta particularidades, pois existem diversas unidades de conservação de categorias diferentes justapostas e/ou sobrepostas, tornando a região um mosaico com diferentes objetivos voltados para a preservação e conservação do ambiente natural (MACHADO, 2003). É composta por zonas de uso direto, onde atividades humanas de baixo impacto são permitidas, e pelas Zonas de Vida Silvestre. Nas localidades onde se insere o Setor de Mansões Park Way e os Núcleos Rurais da Vargem Bonita e do Córrego da Onça, o uso humano é restrito as regras de manejo que não interfiram nos objetivos das unidades de conservação. A APA está inserida na Zona Núcleo e na Zona Tampão da Reserva da Biosfera do Cerrado. Apresenta, ainda, em sua área núcleo, a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Capetinga-Taquara e as Estações Ecológicas do IBGE e do Jardim Botânico (UNESCO, 2003).

3.5 *Atividades antrópicas atuantes na APA*

Um dos problemas enfrentados para se assegurar a preservação e conservação da APA, diz respeito a ocupação da sua Zona de Amortecimento, a qual afeta diretamente os recursos ambientais ali presentes.

Segundo Santos (2008), somente três APAs no Distrito Federal possuem conselhos gestores, duas distritais (APA Gama e Cabeça de Veado e Paranoá) e uma federal (APA do Planalto Central). Apesar de possuírem seus conselhos formados, os mesmos não são atuantes. Isso é preocupante, pois as ações

de manejo, as quais são direcionadas para deliberar sobre empreendimentos e políticas públicas, não são discutidas pelos envolvidos e as consequências são para todos.

As principais atividades degradantes são a queima de lixo nas residências e a ocupação irregular das beiras dos córregos, com a retirada da Mata de Galeria desses locais (MACHADO, 2003). A divisão do solo em parcelas é outro problema que agrava a situação, pois com a abertura de novos poços artesianos e a retirada da vegetação, ocasiona a erosão do solo e intensifica os processos erosivos já presentes.

3.6 *Outros monitoramentos do uso e ocupação*

De forma a ajudar a conter o avanço do desmatamento e ocupação indevida de áreas com vegetação nativa e com grande relevância para a conservação da biodiversidade, novos programas governamentais tem voltado sua atenção ao monitoramento dessas regiões utilizando imagens de satélite. Podemos citar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e o Projeto de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS).

O PMDBBS é um projeto criado frente ao sucesso do monitoramento do desmatamento da Amazônia Legal. Esse projeto tem como objetivo identificar e quantificar os níveis de desmatamentos das áreas de vegetação nativa, podendo dar base à fiscalização e ao combate. No que diz respeito ao Cerrado, o projeto estima que para o período de 2009 a 2010 houve uma área desmatada de 6.469 km² (MMA, 2010).

Outros estudos também trazem dados sobre os remanescentes de vegetação nativa do Cerrado. Os trabalhos de Edson Sano trazem dados que traduzem os diferentes usos do solo nos cerrados. Em seus monitoramentos Sano *et al.* (2008) encontrou 80 milhões de hectares, sob diferentes usos da terra para o Bioma Cerrado que não fosse ocupado por vegetação nativa. Nesse mesmo trabalho, Sano *et al.* (2008) cita que as duas classes mais representativas eram de pastagem e cultivos agrícolas, 26,5% e 10,5% respectivamente.

Mantopavi e Pereira (1998) utilizaram imagens de LANDSAT TM, nos anos de 1992 e 1993, para mapear as áreas remanescentes e antropizadas de Cerrado. No estudo, estimaram a área do Bioma em 2,2 milhões de km², obtendo 35% de áreas remanescentes e 65% antropizadas.

O ZEE é uma política que está presente na Lei Orgânica do DF e na Política Nacional do Meio Ambiente. Segundo Araújo (2006), Zoneamento Ecológico-Econômico é uma forma de compartimentação de um espaço geográfico, a partir das características físicas e bióticas de seus ecossistemas e suas interações entre si e com o meio socioeconômico, em que são evidenciados e previstos os impactos sobre o sistema natural e antrópico. Dessa forma, o ZEE é um modelo de zoneamento que procura melhorar o uso do solo, levando em consideração aspectos ecológicos e socioeconômicos (VASCONCELOS *et al.*, 2013).

3.7 Sensoriamento remoto

As técnicas de sensoriamento remoto tem sido cada vez mais aplicadas, não somente, no meio florestal, mas, também, para auxiliar no monitoramento de outras atividades. Muito associado ao monitoramento de espaços naturais, o sensoriamento remoto se expande para outras áreas, como por exemplo, no auxílio do planejamento da expansão urbana e no processo de colheita de culturas anuais. O sensoriamento remoto é uma ferramenta que permite mapear, monitorar e fiscalizar extensas áreas da superfície de forma rápida, diminuindo os custos com visitas à campo (MENESES, 2001).

Dessa forma, o sensoriamento remoto pode ser entendido como a informação gerada por sensores resultantes da interação da radiação eletromagnética com os objetos da superfície terrestre (LIMA, 2008). As informações geradas sobre as características físicas e químicas podem ser provenientes da absorção, reflectância ou transmissão da radiação pela superfície (IBGE, 2005).

A interação da radiação eletromagnética com o meio físico terrestre, natural ou não, se vale de um conjunto de técnicas que transformam em informação, os dados obtidos pela reflectância dos “alvos” e objetos de estudo (PONZONNI, 1992). Dessa forma, vale ressaltar que, as informações obtidas não necessitam de contato direto entre os sensores e o meio, destacando a grande aplicabilidade dessas técnicas.

A qualidade das informações geradas está diretamente relacionada a quatro domínios de resolução: espacial, espectral, radiométrica e temporal (MOREIRA, 2005). Porém, segundo o IBGE (2005), as resoluções espacial e espectral são fundamentais na escolha das imagens. A resolução espacial pode ser definida como a mínima área entre dois objetos que o sensor é capaz de identificar (ROSA, 2003). Quanto maior a resolução espacial, menor poderá ser o objeto para ser individualizado na imagem. Por

sua vez, a resolução espectral diz respeito a faixa do espectro eletromagnético que o sensor possui capacidade de coletar, através do número de bandas presentes (MOREIRA, 2005). Quanto maior for o número de opções, maior será a capacidade do sensor em discriminar os objetos.

Resolução temporal refere-se a periodicidade do sensor em visitar uma mesma área e a resolução radiométrica é entendida como a capacidade do sensor em discriminar objetos que apresentem pequena diferença na radiação refletida (MOREIRA, 2005).

Apesar da criação de novas tecnologias e processamento dos computadores, pode-se afirmar que o termo sensoriamento remoto é utilizado desde que o homem é capaz de enxergar, pois os olhos podem ser considerados como sensores remotos que atuam na faixa de comprimento de onda visível (JACINTHO, 2003).

3.8 Sistema Landsat

O programa Landsat foi desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics And Space Administration*) por volta do anos de 1970 (LIMA, 2008). O programa contava com o lançamento de sete satélites, porém, atualmente, encontram-se em operação o Landsat-7, tendo o seu lançamento em 1999 e o Landsat-8, lançado em fevereiro de 2013.

O satélite Landsat-5 foi lançado em 1984 e interrompeu sua operação em 2011. Apresentava a bordo, os sensores TM (*Thematic Mapper*) e MSS (*Multispectral Scanner Subsystem*), uma órbita de aproximadamente 98° de inclinação, com uma altitude de 705 metros (DAINESE, 2001). O seu imageamento era feito dentro de uma faixa de 185 metros, com um período de revisita (observa) de 16 dias (CHUVIECO, 1990).

O sensor TM apresenta uma resolução espacial de 30m x 30m, nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (visível, infravermelho médio e próximo) e para a banda 6 (infravermelho termal) uma resolução de 120m x 120m.

Tabela 1: Intervalos espectrais e aplicações do satélite Landsat-5.

BANDAS	INTERVALO ESPECTRAL (nm)	APLICAÇÕES
1	0,45 – 0,52	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre coníferas e decíduas
2	0,52 – 0,60	Sensibilidade a sedimentos em suspensão Boa penetração em corpos de água
3	0,63 – 0,69	Boa absorção da clorofila Permite a identificação de áreas agrícolas
4	0,76 – 0,90	Mapeamento de áreas com vegetação queimada Mapeamento da rede de drenagem
5	1,55 – 1,75	Diferenciação entre nuvens e neve
6	10,4 – 12,5	Identificação de propriedades termais
7	2,08 – 2,35	Mapeamento hidrotermal

Fonte: Moreira, (2003).

O Landsat-8, lançado em 2013, apresenta a bordo os sensores OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Os sensores OLI trabalham com nove bandas multiespectrais, com uma resolução espacial nas bandas 1, 7 e 9 de 30m x 30m. Apresenta melhorias, como a banda 8 que é pancromática, com uma resolução espacial de 15m x 15m. As bandas 1 (ultra azul) e 9 (cirrus) são úteis para estudos costeiros e detecção de nuvens, respectivamente. No total, apresenta 11 bandas, sendo a 10 e 11 utilizadas pelo sensor TIRS, com faixas térmicas fornecendo a temperatura de superfície de forma mais precisa (USGS).

3.9 *Satélite Rapid Eye*

Quando se utiliza imagens de sensores remotos para o mapeamento de áreas ou monitoramento de vegetação, estas estão sujeitas a erros. Essas imagens necessitam de correção geométrica, pois as imagens trazem consigo erros ligados ao sensor por perda de estabilidade ou a fatores externos como deformações de escala (ANTUNES et al., 2013; WECKMULLER, 2015).

O processo de ortorretificação é oneroso por necessitar de levantamento de pontos de apoio, modelos complexos e Modelos de Digitais de Elevação (MDE) (WECKMULLER, 2015). Dessa forma,

tem se utilizado imagens do satélite *Rapid Eye*, possibilitando a obtenção de ortoimagens sem a necessidade de levantamento de pontos no terreno, apresentando alta precisão (CHENG e SUSTERA, 2009). Essa etapa do processamento de imagens é chamada de pré-processamento, a fim de corrigir as imperfeições das imagens.

As imagens de alta resolução também podem ser utilizadas no processo de validação de classificação, pois apresentam uma resolução espacial melhor dos que os satélites Landsat. De forma a simular uma coleta de pontos amostrais em campo, a metodologia sugerida por Stehman e Foody (2009), consiste na amostragem aleatória de pontos na imagem de tal modo que as classes de uso do solo sejam identificadas. A resolução espacial do satélite *Rapid Eye* é de 5 x 5 metros, com resolução radiométrica de 12 *bits*, resolução temporal de 1 dia e 5 bandas espectrais (Tabela 2).

Tabela 2: Bandas espectrais do satélite *Rapid Eye*.

Faixa espectral	Banda
440-510µM	Azul
520-590µM	Verde
630-685µM	Vermelho
690-730µM	<i>Red-edge</i>
760-850µM	Infravermelho próximo

Fonte: Antunes (2014), adaptado.

3.10 *Classificações de imagens*

A classificação de imagens, conforme Crosta (1992), diz respeito à associação de cada pixel da imagem à um rótulo. Assim, os valores de cada pixel são atribuídos a um tipo de cobertura do terreno. A classificação das imagens se baseia em métodos estatísticos, reconhecendo padrões (JACINTHO, 2003).

Utilizar recursos de SIG exige que as imagens sejam processadas. Um dos métodos mais tradicionais na classificação de imagens, basicamente, agrupam pixels em diferentes classes. Os algoritmos envolvidos nos sistemas fazem uma análise da característica espectral de cada pixel e, através de métodos estatísticos define a qual classe este pertence.

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para classificar imagens de satélite pra monitoramento, levantamento e análise. Dessa forma, com o passar dos anos, inúmeros algoritmos

foram estudados e aperfeiçoados, utilizando a probabilidade de um ponto pertencer a uma determinada classe (MENEZES, 1995).

Logo, a classificação de imagens pode ser dividida em duas técnicas principais (MOREIRA, 2003):

- Classificação Supervisionada: é feita a partir de áreas de treinamento definidas pelo usuário, tendo como base a realidade do terreno. Assim, estatisticamente, os atributos de um pixel são comparados com aqueles referentes a uma dada área de treinamento.
- Classificação Não Supervisionada: Esse processo apresenta maiores erros quando comparado com a classificação supervisionada. A classificação é feita de forma automática pelo sistema e o reconhecimento dos atributos e a sua comparação com os demais é feita utilizando agrupamentos (“clusters”) como áreas de treinamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A Área de Proteção Ambiental - APA Gama e Cabeça de Veado está localizada na Bacia do Paranoá que ocupa aproximadamente 3.634 km² do território do DF (ARAÚJO, 2010). A APA está situada na porção Centro-Sul do Distrito Federal, ocupando uma área de aproximadamente 23.650 hectares (MACHADO, 2003). Engloba os bairros do Lago Sul, Park Way e Candangolândia, os Núcleos Rurais da Vargem Bonita e Córrego da Onça (FELFILI, 2002).

4.1.1 Vegetação

Na APA Gama e Cabeça de Veado, por apresentar uma grande heterogeneidade ambiental, são encontradas quase todas as fitofisionomias do Cerrado: Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado *sensu stricto*, Cerradão, Mata de Galeria e Vereda (FELFILI, 2002). A fisionomia predominante na área é o Cerrado *sensu stricto*, no Distrito Federal remanesce apenas 20% da cobertura original (UNESCO, 2003, FELFILI, 2002).

4.1.2 Hidrografia

É drenada por três bacias hidrográficas, tendo inserida dentro da sua área, as bacias do Ribeirão do Gama e do Córrego Cabeça de Veado, bem como a foz do Riacho Fundo (UNESCO, 2003). Essa informação destaca-se, pois no decreto que instituiu a APA, em seu corpo, traz como um dos objetivos, preservar os recursos hídricos presentes na região. O ribeirão do Gama está localizado no entorno da Fazenda Água Limpa da UnB, o qual possui a barragem que abastece de água as Chácaras do Núcleo Hortícola de Vargem Bonita. O ribeirão Cabeça de Veado, que nasce no Jardim Botânico de Brasília, bem como o ribeirão do Gama, também fornece captação de água potável para abastecimento urbano e contribuem com água limpa para o Lago Paranoá (FELFILI, 2002).

4.1.3 Solos

Os Latossolos são predominantes na região da APA, no entanto, há na porção sudoeste a presença de solos litólicos e Cambissolos (UNESCO, 2003). Próximo ao Núcleo Rural Vargem Bonita é possível encontrar solos hidromórficos (UNESCO, 2003).

4.2 Base de dados

Os dados foram obtidos da base de imagens do INPE e do Serviço Geológico Americano (USGS) e, para tal, utilizou-se imagens do Landsat-5 e Landsat-8, respectivamente.

As imagens analisadas são referentes ao mês de Junho para os anos de 2006, 2010 e 2014, obtidas gratuitamente, no formato TIFF. As imagens do satélite Landsat-5 são adquiridas através do site do INPE: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, necessitando passar por pré-processamento, onde as imagens são georreferenciadas, utilizando o *software* Arcgis (versão 10.1), também, para a análise espacial. As imagens do satélite Landsat-8 são disponibilizadas no site: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, já georreferenciadas, necessitando, apenas, passar pelo processamento digital. As imagens em formato TIFF apresentam uma imagem para cada banda do satélite, dessa forma, utiliza-se a ferramenta “*composite bands*”, afim de torná-la uma única imagem. Essa etapa está inserida no pré-processamento.

As imagens obtidas dos satélites citados se justifica pelo fácil acesso. Para os anos de 2006 e 2010 só era possível obter imagens através do satélite Landsat-5, o qual foi desativado em 2013. Dessa forma, para o ano de 2014 só é possível obter imagens através do satélite Landsat-8, lançado em fevereiro de 2013.

4.3 *Classificação das imagens*

A classificação utilizada teve como referência o estudo da UNESCO (2002) para o mapeamento do uso e ocupação do solo do Distrito Federal, metodologia semelhante utilizada por Machado (2003) para mapear a APA Gama e Cabeça de Veado. Assim, adotou-se o método de classificação automática supervisionada utilizando-se o algoritmo de máxima verossimilhança (BOLFE, 2004). Para tal, é necessário que se crie assinaturas ou áreas de treinamento para que o *software* com base na probabilidade de cada classe possa classificar a imagem como um todo (BOLFE, 2004). Isso se dá através da ferramenta “*create signatures*”, disponível no programa Arcgis (versão 10.1). Após a classificação automática supervisionada, utilizou-se o *software* ERDAS para que, as classes definidas que não foram detectadas pelo algoritmo de máxima verossimilhança, pudessem ser classificadas visualmente através da ferramenta “*fill*”.

As classes definidas para o estudo são especificadas a seguir (UNESCO, 2002):

- **Mata:** Compreende todas as formações florestais, dentre elas: mata ciliar, mata de galeria, mata mesofítica (seca), mata de encosta e Cerradão;
- **Cerrado:** Compreende as formações savânicas, dentre elas: cerrado típico, cerrado denso, cerrado ralo e Campo Cerrado;
- **Campo:** Compreende as formações com extrato predominantemente herbáceo e graminoso de caráter natural ou antropizado;
- **Área Urbana:** Compreende todas as áreas urbanas consolidadas;
- **Agropecuária:** Compreende as áreas ocupadas por culturas intensivas, áreas irrigadas, caracterizados pela coexistência de atividades agropecuárias e empreendimento de parcelamento do solo;
- **Solo Exposto:** Corresponde às áreas sem nenhuma cobertura com exposição direta do solo às intempéries, tais como: áreas de empréstimo e cascalheiras;
- **Reflorestamento:** Corresponde às áreas com plantios homogêneos de espécies florestais;
- **Corpos D’Água:** Corresponde aos espelhos d’água formados por lagos, lagoas e represas.

4.4 Avaliação da Acurácia

Após testar a técnica de classificação foi realizado teste para verificar o quão próximo ficou da realidade, avaliação de acurácia, conforme recomendado por Bolfe (2004). Essa etapa depende de alguns fatores como: as resoluções espectrais e espaciais do sensor utilizado, as classes que foram escolhidas para o estudo e a complexidade do terreno (MENESES & SANO, 2012).

Esse teste se expressa através de matriz de erros, identificando de que modo a classificação da imagem e as amostras de referência concordaram entre si (JENSEN, 1986, apud BOLFE, 2004). Verifica-se o erro de omissão (exclusão) e comissão (inclusão) de cada classe (BRITES, 1996). O erro de comissão ocorre ao incluir um objeto em uma classe em que ele não pertence e o erro de omissão quando um objeto é excluído da classe a qual pertence (ROVEDDER, 2007). Conforme sugeriram Gong & Howarth (1990), o índice Kappa é uma importante medida de precisão que deve ser associada à matriz de erros.

Esse índice é baseado na diferença entre a concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência oriundos da imagem de alta resolução do satélite *Rapid Eye*) e a chance de concordância entre os dados referentes da imagem de alta resolução e a imagem classificada (CONGALTON & GREEN, 1999, apud ROVEDDER, 2007).

Landis e Koch (1977) propuseram uma escala de avaliação da classificação baseada no índice Kappa (Tabela 3).

Tabela 3: Qualidade da classificação segundo intervalos do índice Kappa.

Valor do Kappa	Qualidade da Classificação
< 0,00	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito Boa
0,80 - 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977) adaptado.

Dessa forma utilizou-se uma imagem de alta resolução do satélite *Rapid Eye* do ano de 2014, sendo o mesmo ano classificado no estudo para evitar erros de precisão. Foram inseridos pontos

aleatórios na imagem a fim de amostrar as classes de uso do solo definidas para o estudo. Dessa maneira, cruzaram-se os dados dos mapas classificados com os pontos aleatórios para validação e foi gerada a matriz de confusão, extraindo os valores do índice Kappa (Figura 1). A avaliação da qualidade foi baseada na escala de proposta por Landis e Koch (1977).



Figura 1: Fluxograma metodológico

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação automática supervisionada resultou em três mapas de uso e ocupação do solo da APA Gama e Cabeça de Veado para os anos de 2006, 2010 e 2014 (Figuras 3, 5 e 7 respectivamente).

Durante o processo de classificação, foi possível observar algumas confusões temáticas nas classificações geradas. Isso ocorreu principalmente entre as classes área urbana, cerrado e agropecuária, visto que essas classes apresentam respostas espectrais similares.

Diante dos mapas gerados, para cada ano, encontrou-se a área de cada classe em relação a área da APA (Tabela 2).

Tabela 4: Área ocupada por classe em termos absolutos e relativos da APA Gama e Cabeça de Veado para os anos de 2006, 2010 e 2014.

	2006		2010		2014	
<i>Classe</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Área (%)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Área (%)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Área (%)</i>
<i>Corpos d'água</i>	38,25	0,16%	16,29	0,07%	14,13	0,06%
<i>Mata</i>	1864,8	7,75%	1503,45	6,25%	2430,36	10,10%
<i>Campo</i>	4525,65	18,81%	4398,75	18,28%	4220,1	17,54%
<i>Cerrado</i>	8810,19	36,61%	9800,55	40,73%	9003,06	37,41%
<i>Agropecuária</i>	2022,93	8,41%	1338,21	5,56%	1440,27	5,99%
<i>Área Urbana</i>	6737,31	28,00%	6642,72	27,60%	6590,7	27,39%
<i>Reflorestamento</i>	64,53	0,27%	123,57	0,51%	133,27	0,55%
<i>Solo Exposto</i>	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%

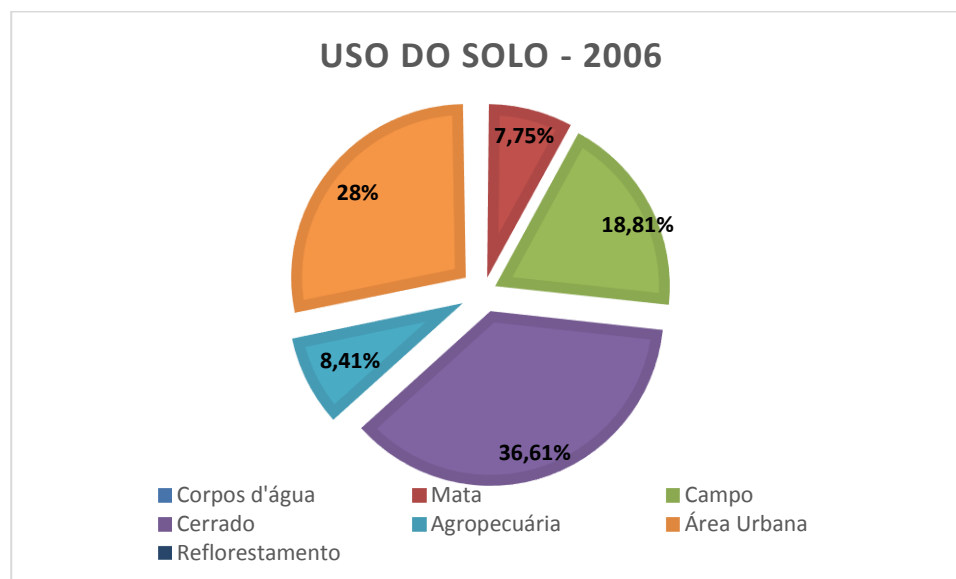


Figura 2: Distribuição das classes e uso do solo da APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2006.

Pela observação dos resultados pode-se afirmar que a maior parte da área foi classificada como Cerrado, seguido pela Área Urbana (Figura 2). Machado (2003), encontrou para a mesma área, porcentagem maior para Áreas Agrícolas, porém, vale ressaltar a diferença entre as metodologias, onde o referido autor considerou setores habitacionais não consolidados na contabilização das áreas

agrícolas. A alta parcela de ocupação urbana na região preocupa, pois o impacto sobre a zona de amortecimento da APA pode sofrer com algum tipo de pressão.

As áreas naturais (Mata e Cerrado) estão predominantemente no interior da área núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado (toda a Fazenda Água Limpa – UNB) e na área pertencente a Marinha Brasileira (Figura 3). Isso pode promover o isolamento das populações de fauna e flora, caso a ocupação e o parcelamento irregular do solo não seja controlado de forma efetiva, principalmente na zona de amortecimento da APA.

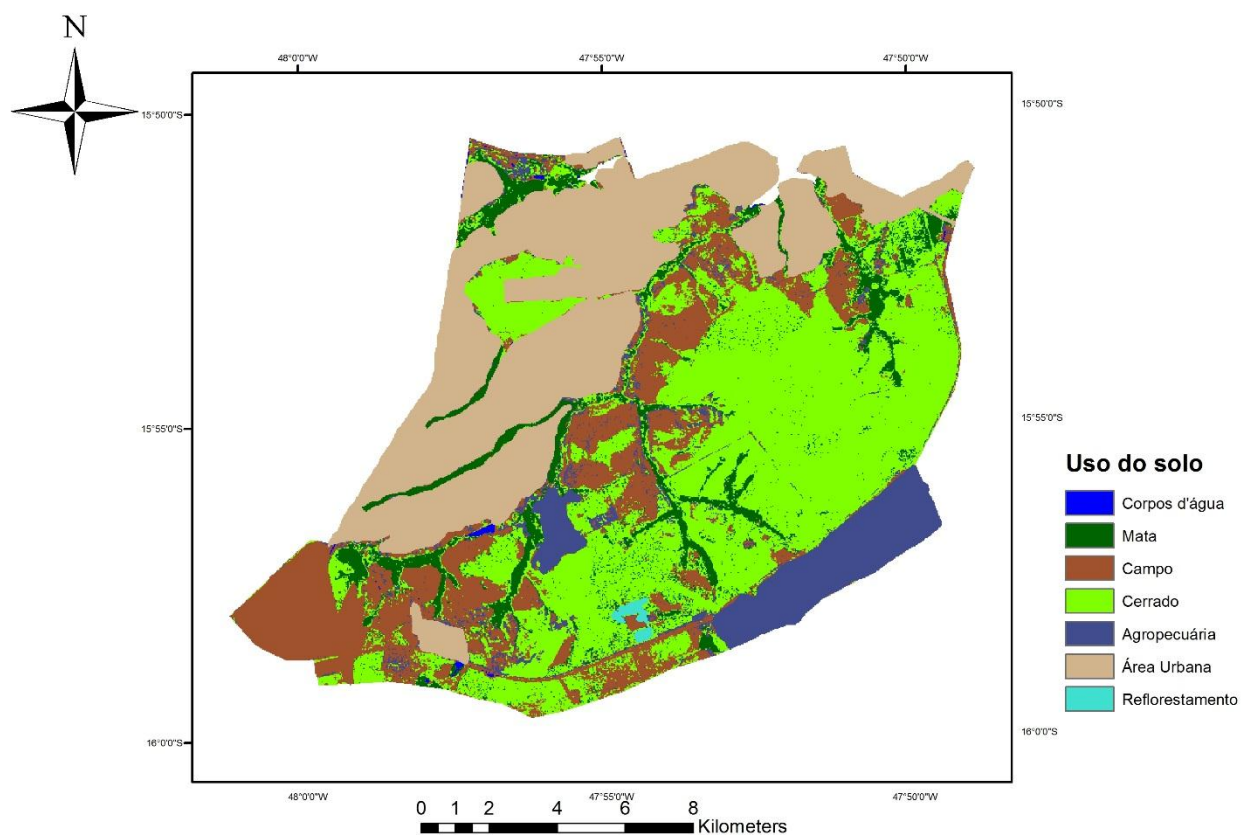


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo da Área de Preservação Ambiental – APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2006.

A análise não distinguiu qualquer área de solo exposto. A classe Agropecuária não apresentou valor considerado alto, porém, é importante que haja fiscalização efetiva, principalmente no entorno das áreas de conservação e dos núcleos rurais.

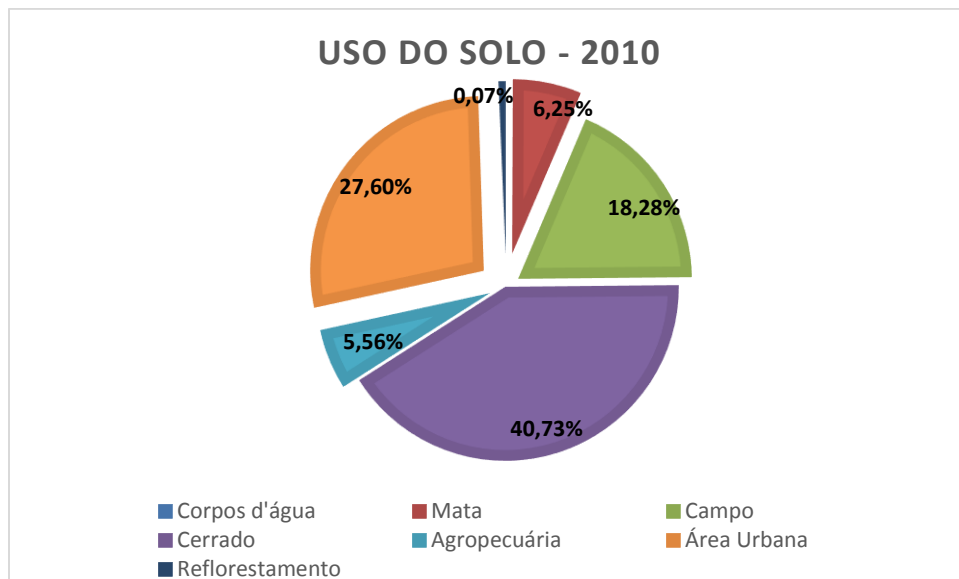


Figura 4: Distribuição das classes e uso do solo da APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2010.

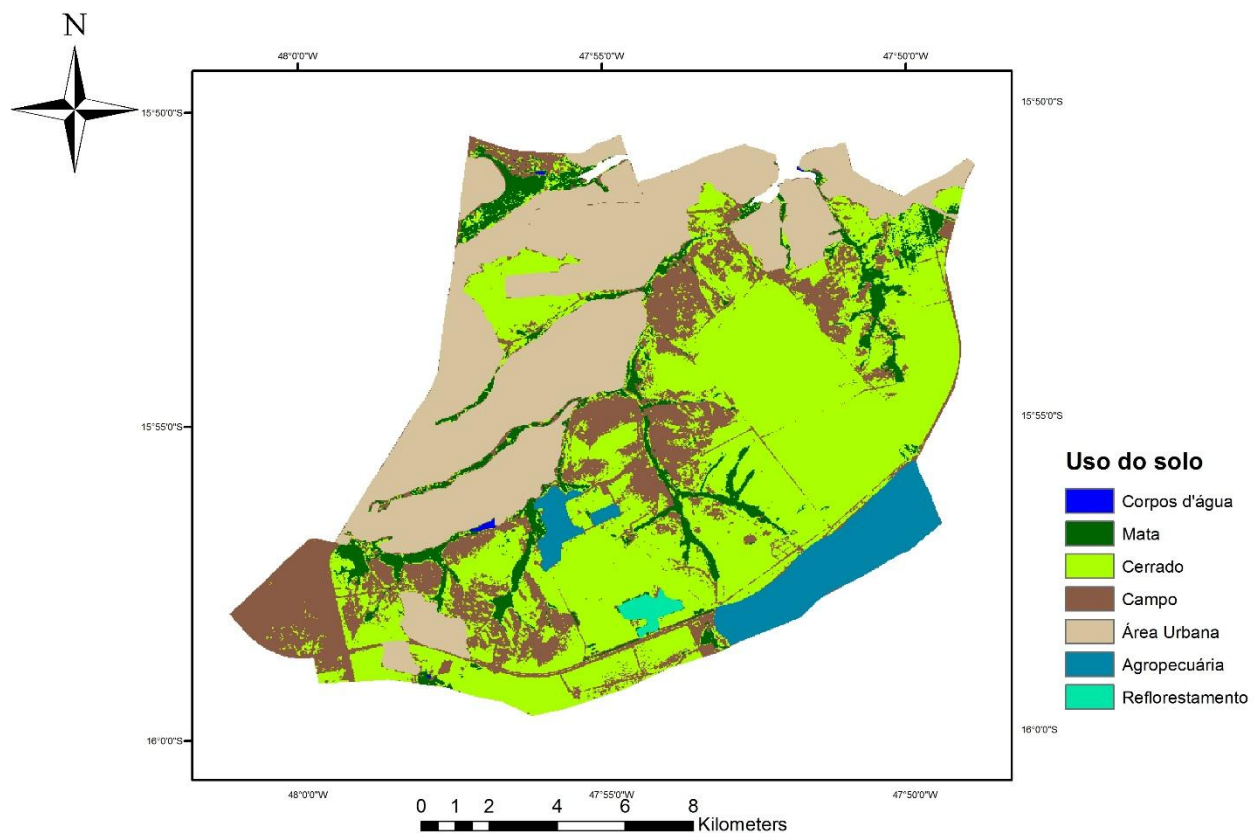


Figura 5: Mapa de uso e ocupação do solo da Área de Preservação Ambiental – APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2010.

Os resultados para o ano de 2010 seguiram a lógica do ano de 2006, porém com algumas considerações (Figura 4). Observa-se que, a área ocupada pelos corpos d'água diminuíram (Tabela 2). Como as imagens são do mês de Junho, podemos considerar a hipótese de que houve um recuo dos corpos d'água pela seca. Outra hipótese diz respeito a utilização de água pelas área urbana da APA, por meio de um consumo elevado ou, até mesmo, pela supressão da vegetação de galeria nas bordas dos córregos. Nota-se, então, que, para o ano de 2010, houve diminuição da área de Mata em relação ao ano de 2006, logo, supõe-se que a atividade antrópica dos chacareiros em reduzir a vegetação de borda de córregos para a utilização do espaço seja o motivo (Figura 5).

A diferença que existe entre os valores encontrados para a classe Cerrado entre os anos de 2006 e 2010, sendo menor para 2006, pode ser explicado por erros de acurácia ou dificuldade do software em distinguir os pixels das duas imagens, ocasionando nos valores distintos (Tabela 2). No entanto, a importância para com as áreas de Cerrado continua sendo justificada. Não foi possível distinguir áreas de solo exposto para o ano de 2010, pois para a análise desse tipo de classe em imagens de satélite, deve-se considerar uma grande reflectância por parte do solo, tornando a imagem, naquele local específico, totalmente branca, o que não foi visto na imagem. Uma nova classificação é necessária, pois Machado (2003) observou que, a classe solo exposto ocupou 0,43% da área da APA (Figura 8).

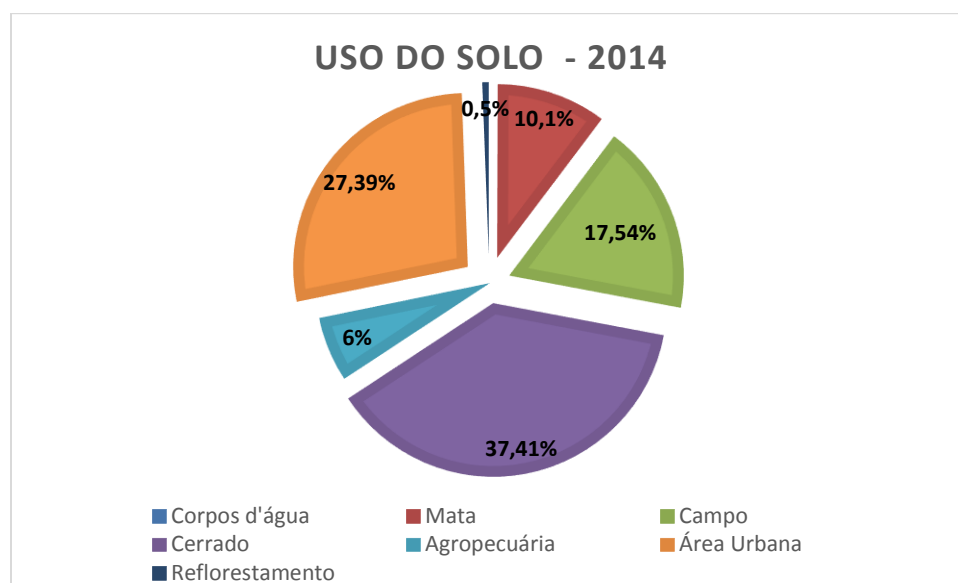


Figura 6: Distribuição de classes de uso do solo da APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2014.

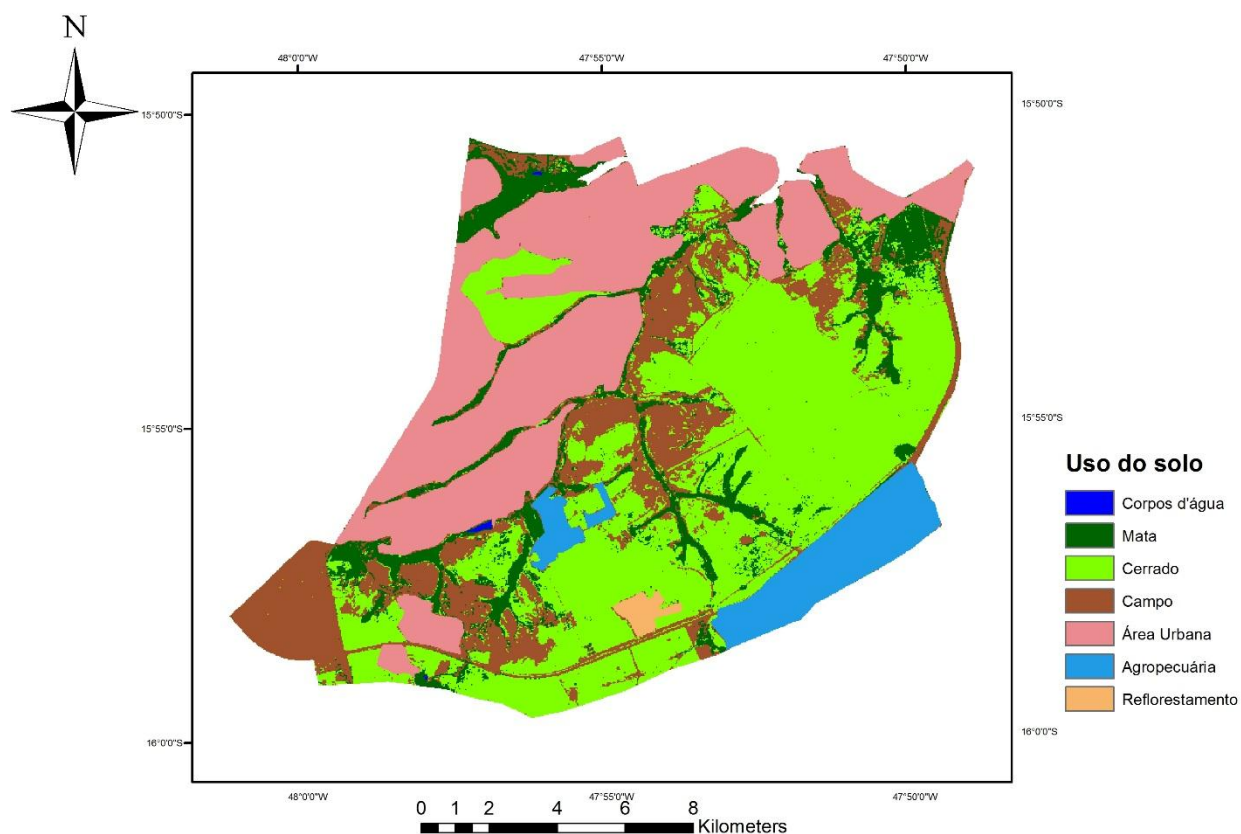


Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da Área de Preservação Ambiental – APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2014.

Observando os resultados obtidos para 2014, nota-se que há semelhanças de valores em relação aos demais anos (Figura 4). Porém, a classe Mata apresentou um aumento de área se comparado com 2010 e 2006 (Tabela 2). Para esse caso, supõe-se que houve erro de acurácia na classificação, pois não há hipóteses de que em quatro anos a vegetação de mata tenha conseguido crescer e ocupar maior área. Nunes (2015) também encontrou um aumento da classe de Mata em tempos diferentes no seu trabalho que, visava analisar o uso e ocupação do solo na Bacia do Alto do Descoberto. Nesse caso, o autor atribuiu esse aumento às próprias características da imagem. A ausência da classe de solo exposto é justificada da mesma maneira do ano de 2010 (Figura 7).

Portanto, para os três anos é possível observar semelhanças, nos indicando que não houve impactos significativos na região da APA nesse período de tempo, mas não é descartada a hipótese de

que para anos futuros os resultados das atividades antrópicas praticadas em todos esses anos se tornem visíveis. Os projetos de conscientização realizados na APA são de grande importância para a conservação do meio natural. Conforme Felfili (2002) observou, a necessidade de um conselho gestor, um sistema mínimo de monitoramento e fiscalização e as atitudes positivas tomadas pelos próprios moradores da região são exemplos de que forma a conservação da APA pode ser estruturada.

Atitudes mínimas dentro da propriedade de cada um auxiliam nesse processo de mudança. De acordo com Felfili (2002), as atividades antrópicas atuantes são o despejo de lixo e entulho em áreas públicas, o desmatamento e queimadas e, ocupação de área de preservação permanente. Para tal, a consciência ecológica é construída com práticas simples, conforme cita o autor, como por exemplo a fiscalização do vizinho, denúncia de práticas irregulares, evitar a queima de restos de culturas em épocas secas e o respeito a legislação ambiental.

A validação dos resultados obtidos determinou a acurácia da classificação seguindo modelo proposto por Landis e Koch (1977). Os pontos aleatórios distribuídos na imagem classificada para o ano de 2014 para os quais cruzou-se os dados com a imagem de alta resolução, possibilitou a elaboração da matriz de confusão (Tabela 5) e cálculo do índice Kappa.

Classe	Corpos							Solo	
	D'Água	Mata	Cerrado	Campo	Área Urbana	Agropecuária	Reflorestamento	exposto	Total
Corpos D'Água	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Mata	0	8	2	0	0	0	0	0	10
Cerrado	0	5	30	8	0	4	0	2	49
Campo	0	1	2	26	0	1	0	3	33
Área Urbana	0	0	0	10	28	0	0	0	38
Agropecuária	0	0	0	0	0	6	0	3	9
Reflorestamento	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Solo exposto	0	0	2	3	0	3	0	0	8
Total	2	14	36	47	28	14	1	8	150

Tabela 5: Matriz de confusão da classificação para o ano de 2014.

Portanto, diante da matriz de confusão, a acurácia total calculada da classificação foi de 0,67, indicando um valor de índice Kappa de 0,58. De acordo com a proposta de Landis e Koch (1977), a classificação foi considerada como boa.

Os resultados encontrados nesse estudo são semelhantes aos obtidos por Machado (2003), podemos notar algumas mudanças ao longo de 11 anos (Figura 9).

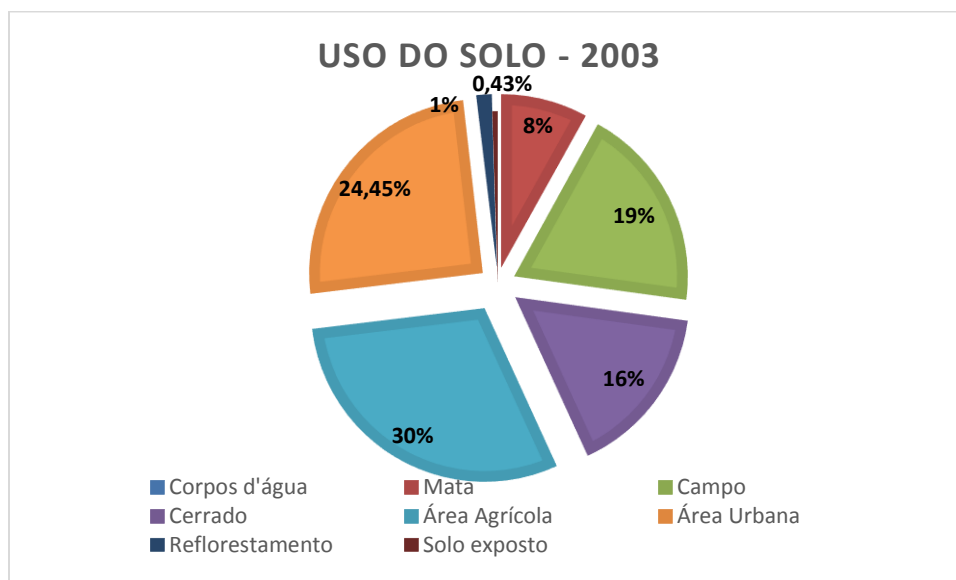


Figura 8: Distribuição de classes de uso do solo da APA Gama e Cabeça de Veado para o ano de 2003.

O autor encontrou valores elevados de áreas agrícolas por considerar os núcleos rurais não consolidados. Nota-se que houve aumento da área urbana de 2003 para 2014, porém, deve-se levar em consideração que no presente trabalho foram incluídos no cálculo de área urbana, os núcleos rurais próximos ao Park Way.

Logo, tem-se conhecimento de que a grilagem de terras é um problema histórico no DF e que, se não houver controle efetivo, isso pode provocar efeitos negativos na APA. A expansão urbana que vem ocorrido na zona de amortecimento e os usos dessas áreas, tem impacto direto nas áreas protegidas. É recomendável que estudos relacionados a zona de amortecimento da APA Gama e Cabeça de Veado, bem como as das demais APAs do DF sejam feitos, afim de prever quais efeitos podem ocasionar perdas ambientais e o quanto isso afetará no abastecimento de água, preservação dos recursos hídricos, fauna e flora da região.

6 CONCLUSÃO

- Os resultados obtidos permitem afirmar que não houve mudanças substanciais no uso e cobertura da terra na APA Gama e Cabeça de Veado;
- No ano de 2010 verificou-se redução na área da classe Mata, indicando que houve atividades antrópicas nas bordas de córregos, suprimindo a vegetação;
- O classificador supervisionado utilizado neste estudo não foi capaz de distinguir ao longo dos anos estudados a classe solo exposto, o que sugere o desenvolvimento de novas técnicas e metodologias para melhor discriminação dos diferentes usos da terra;
- O monitoramento mais frequente do uso e cobertura da terra deve ser conduzido nos próximos anos para garantir a integridade e conservação da APA.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, T.J.A., MONTEIRO, M.S.L. Modelo Agrícola e Desenvolvimento Sustentável: A Ocupação do Cerrado Piauiense. **Ambiente & Sociedade**. n.2. vol. VIII. 2005
- ANTUNES, M.A.H., DEBIASI, P., SIQUEIRA, J.C.S. Avaliação Espectral e Geométrica das Imagens RapidEye e seu Potencial para o Mapeamento e Monitoramento Agrícola e Ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**. N.66/1, p.105-113. Rio de Janeiro. 2014.
- ANTUNES, D. A.; WIGGERS, K. L.; RIBEIRO, S. R. A. Classificação orientada a objetos pelo algoritmo *support vector machine* de imagem *Rapid Eye*. **Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Aracaju, Brasil. Nov. 2014.
- ARAÚJO. F.C. **Reforma Agrária e Gestão Ambiental: Encontros e Desencontros**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- DOS SANTOS ARAÚJO, M. D. F. (2012). Recuperação de área degradada: uma ação para requalificação de lote residencial. **Oculum Ensaios**, (11_12), 2012.
- BOLFE, E. L., et al. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**, 2004, 28.1: 85-90.

BRASIL, **Revista da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil**, Número Especial, datada de 21/04;1960.

BRITES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VIII**, 1996.

CÂMARA, P. E. A. S.; COSTA, D. P. Hepáticas e antóceros das matas de galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil. *Hoehnea*, 2006, 33.1: 79-87.

CAMPOS, J.E.G., SILVA, F.H.F. Solos. *In*: FONSECA, F.O., **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos hídricos, 2000.

CAMPOS, A.R., FONSECA, D.F., SAMPAIO, D.M., FARIA, S.D., ELMIRO, M.A.T. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima – MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, Paraná. 2013.

CONGALTON, R; GREEN, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. **Lewis Publishers**, USA.1999.

CHENG, P., SUSTERA, J., Using RapidEye data without ground control automated high-speed high-accuracy, **Anais: GEOInformatics**, Fairfax, p. 36-40, 2009.

CHUVIECO, E., CONGALTON, R. G. Using cluster analysis to improve the selecting of training statistics in classifying remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.54, n.9, p.1275-1281, 1990

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campina: UNICAMP, 1992. 170p.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Estudo Temporal do Uso da Terra e na Comparação entre Classificação Não-Supervisionada e Análise Visual**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura – UNESP). Botucatu, São Paulo. 2001.

FELFILI, J. M., SANTOS, A. A. B. **Legislação Ambiental – APA Gama e Cabeça de Veado**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 59 p. Brasília, 2002.

FELFILI, J. M., FAGG, C. W., SILVA, J. C. S., OLIVEIRA, E. C. L., PINTO, J. R. R., JÚNIOR, M. C., RAMOS, K. M. O. **Plantas da APA Gama e Cabeça de Veado: espécies, ecossistemas e recuperação**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 52 p. Brasília, 2002.

FELIZOLA, E.R., LAGO, F.P.L.S., GALVÃO, W.S. Avaliação da dinâmica da paisagem do Distrito Federal. Projeto da Reserva da Biosfera do Cerrado – Fase I. **Anais**. X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Paraná. 2001.

GANEM, R.S. **Políticas de conservação da biodiversidade e conectividade entre remanescentes de cerrado**. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, 2007.

GONG, P.; HOWARTH, P. J. An assessment of some factors influencing multispectral land-cover classification. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**. v.56, n. 5, p. 597-603, 1990.

GUIMARÃES, M.A., CEZAR, K.G., KOWARICK, M.A., GRANDO, R.C., BARBOSA, T.M.F., TOURNEAU, F.M. Histórico de uso do solo no Distrito Federal (DF) nas micro-bacias. **Anais**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Paraná. 2013.

JACINTHO, L. R. C. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Ferramentas na Gestão Ambiental de Unidades de Conservação: O Caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**. Dissertação (Recursos Minerais e Hidrogeologia). São Paulo, SP. 2003.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**. Englewood Cliffs: Prentice – Hall, 1986. 51 p.

HOLANDA, A. S. S.; GUERRA, C. E. Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI. **Anais III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife–PE, p. 27-30, 2010.

IBGE: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=df> acesso realizado em: 08 de julho de 2015.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ. 300p. 2005.

INPE: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php acesso realizado em: 08 de julho de 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174. 1977.

LIMA, S.C. **As veredas do Ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a evolução da paisagem**. São Paulo: USP, 1996. 260p. Tese (Doutorado).

LIMA, C.A. **O Cerrado rupestre no Estado de Goiás com base em imagens Landsat ETM+**. Universidade de Brasília, Brasília. 2008. 117p. Dissertação (Mestrado).

MACHADO, E. G. B.; **Utilização de Técnicas de Geoprocessamento na Análise da Paisagem da APA Gama e Cabeça-de-Veados**. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília. Brasília, 2003.

MANTOVANI, J.E., PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/LANDSAT. **Anais. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos. SP. INPE. p.1455-1466. 1998

MENESES, P. R. & SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. *In*: MENESES, P. R. & ALMEIDA, T. de (Orgs.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1 ed. Brasília: UnB/CNPq, v.1, 2012.

MENESES, P.R., ASSAD, E.D. SANO, E.E. **Introdução ao processamento de imagens digitais de satélite e sensoriamento remoto**. Editora Universidade de Brasília, Brasília –DF. 1995.

MENESES, P.R., MADEIRA-NETTO, J.S. **Sensoriamento remoto. Reflectâncias dos alvos naturais**. Universidade de Brasília. Brasília – DF. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. 262p. 2001.

MENDONÇA, H.F. **A Ocupação Desordenada do Solo no Distrito Federal: O Direito Social de Moradia X O Direito a um Meio-Ambiente Ecologicamente Equilibrado**. Monografia (Direito) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2009.

MING, D., WANG, Q., LUO, J. SHEN, Z. Evaluation of High Spatial Resolution Remote Sensing Image Segmentation Algorithms. In: International Congress on Image and Signal Processing, 2, 2009. Tianjin. **Anais**.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed. UFV. Viçosa – MG. 320p. 2005.

MOURA, V.P.G. A pesquisa com *Eucalyptus* e *Pinus* na região dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO VII: Estratégias de Utilização, 1989, Brasília. **Anais**. 2.ed. rev. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1997. P.183-197.

MMA. **Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – Monitoramento do Bioma Cerrado**. 2010.

MORELLI, A.L.F. **Correio Brasiliense: 40 anos – Do pioneirismo à consolidação**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, 2002.

MOYSÉS, A., SILVA, E.R. Ocupação e Urbanização dos Cerrados: desafios para a sustentabilidade. **Cadernos Metrópole** 20. p. 197-220. 2008.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403: 853-858.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**. v.39, n.1, p. 25-36. Viçosa, MG. 2015.

PONZONNI, F.J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. Notas de aula do Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto, UNIVAP. São José dos Campos. 1992.

REGULAMENTAÇÃO DO SNUC. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: nov. 2015.

ROVEDDER, J. **Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite Ikonos II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no município de Torres, Planície**

Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília. v.43, n.1, p.153-156. 2008.

SANTANA, N.C., OLIVEIRA, E.S. Evolução do Uso e Ocupação, Sobre Áreas de Cerrado no Município de Água Fria de Goiás, por meio de Técnicas de Geoprocessamento. **GEO Anais**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. V3, n1, p.189-209. 2013.

SILVA, A.A. Uso de Sensoriamento Remoto para o monitoramento ambiental dos cerrados. **Anais**. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade de São Paulo. 2005.

SILVA, L.L. O papel do Estado no processo de ocupação das áreas de Cerrado entre as décadas de 60 e 80. **Caminhos da Geografia**. Universidade Federal de Uberlândia. p. 24-29. 2000.

SOUZA, P.B., JUNIOR, A.W., PRISOES, M.R.O., CAMARGOS, V.L.de, NETO, J.A.M. Florística de uma área de cerradão na Floresta Nacional de Paraopeba, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n.1, p.86,93. 2010.

STEHRMAN, S.V.; FOODY, G.M.. Accuracy assessment. In: Warner, T.A., Nellis, M.D., Foody, G.M. (Eds.), **The Sage Handbook of Remote Sensing**. SAGE, London, p. 297–309, 2009.

VASCONCELOS, V.V., HADAD, R.M., JUNIOR, P.P.M. Zoneamento Ecológico-Econômico – Objetivos e Estratégias de Política Ambiental. **Gaia Scientia**. p.119-132. 2013.

UNESCO, **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço**. 2 ed. 80p. Brasília, 2002.

UNESCO, **Subsídio ao zoneamento da APA Gama - Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado**. 172p. Brasília, 2003.

WECKMULLER, R., VICENS, R. S. Correção de distorções geométricas e radiométricas de imagens RapidEye para detecção de mudanças. **Anais**. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, 2015.

WULDER, M.A., BUTSON, C.R., WHITE, J.C. Cross-sensor change detection over a forested landscape: options to enable continuity of medium spatial resolution measures. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.769-809, 2008a.